Arbeiten des pflanzenphysiologischen Institutes der k. k. Wiener Universität.

XVII. Vergleichende Anatomie des Holzes der Ebenaceen und ihrer Verwandten.

Von Hans **Molisch.**

(Mit zwei Tafeln.)

Einleitung.

Nachdem durch die Arbeiten Hartigs und Sanios der Grund für das Studium der Holzanatomie gelegt worden war, fing man an, den Holzkörper ganzer Familien vergleichend und zusammenfassend zu studieren, ein Streben, das auch die vorliegende Arbeit verfolgt. Nur auf diesem Wege konnte gezeigt werden, ob die Verwandtschaftsverhältnisse, die in der Morphologie der Blüthe einen so klaren Ausdruck finden, nicht auch in der Anatomie des Holzes angedeutet werden. Zahlreiche Arbeiten, die in der letzten Zeit erschienen sind, steuern dem gemeinsamen Ziele zu, Familien nach ihrer morphologischen und anatomischen Seite hin zu untersuchen, und wenn auch die einzelnen Forscher bezüglich mancher Punkte verschiedener Meinung sind, so stimmen sie doch darin überein, dass im künftigen System auch dem anatomischen Baue der Pflanze wird Rechnung getragen werden müssen.

Ja, Radlkofer[1] kommt auf Grund seiner Studien zu folgendem Ausspruch: „Vor Allem gebührt, um von Anderem hier abzusehen, den anatomischen Verhältnissen neben den im eigentlichen Sinne sogenannten morphologischen die Beachtung im

[1] *Serjania, Sapindacearum genus,* monographice descriptum. München, 1875.

Systeme, denn sie stehen diesen am nächsten und sind selbst, streng genommen, nichts Anderes, als feinere, verborgenere morphologische Verhältnisse." (pag. III.)

Vorliegende Untersuchung hat nun für die Ebenaceenhölzer eine so auffallende anatomische Übereinstimmung dargethan, dass es selbst dem Geübten, wenn er unwesentliche Merkmale als Färbung und Grössenverhältnisse der Elemente ausser Acht lässt, unmöglich wird, die Genera, geschweige denn die Species zu unterscheiden; alle zeigen dieselben Elemente, ja die letzteren stimmen sogar in dem feineren Baue überein. Aber auch jeder der verwandten Familien, welche bezüglich des Holzes sich sofort von den Ebenaceen trennen lassen, kommen immer gewisse typische Eigenthümlichkeiten zu, die Genera einer Familie zeigen im Holze übereinstimmenden Bau.

Die auffallenden physikalischen Eigenschaften waren es, denen die Ebenhölzer ihren eminent technischen Werth verdanken. Ich war daher bestrebt, die Ursachen dieser Eigenschaften zu ergründen, ich fragte mich, ob die letzteren ihren Grund hätten im anatomischen Baue oder in einer eigenthümlichen Metamorphose, denen die Elemente unterworfen sind. Ich war ferner bestrebt, die chemische Natur der Inhaltskörper, die bei vielen der Hölzer sämmtliche Zellen erfüllen, und die Art ihrer Entstehung aufzuhellen.

Alle diese Punkte lagen bis jetzt unbeantwortet vor; der Grund dafür lag in dem Mangel an geeignetem, besonders lebendem Material; mit Hilfe des letzteren ist es mir nun gelungen, alle diese Fragen in befriedigender Weise zu lösen.

Ich kann noch, bevor ich angebe, was sich in der Literatur über diese Familie vorfand, hinzufügen, dass der mineralische Gehalt des echten Ebenholzes einer sehr genauen Analyse unterworfen wurde.

Von den Anatomen ist bis jetzt nur die Gattung *Diospyros* zum Gegenstande der Untersuchung gemacht worden; so hat Wiesner[1] das Holz von *Diospyros Ebenus* beschrieben. Diesem

---

[1] Rohstoffe, p. 586.

fügte Moeller[1] noch die Beschreibung von *Diospyros discolor* und *D. virginiana* bei; über das Holz der letzteren macht auch Sanio[2] kurze Bemerkungen.

Als systematische Grundlage wurde die Monographie der Ebenaceen von Hiern[3] benützt; derselbe, gewiss der gründlichste Kenner unserer Familie, zieht nur morphologische Charaktere in Betracht und macht nur hin und wieder kurze Bemerkungen über physikalische Eigenthümlichkeiten des Holzes. Die Familie zerfällt nach Hiern in 5 Genera mit ungefähr 250 Species.

Das Material, welches der Untersuchung vorlag, stammt zum grossen Theile aus der Holzsammlung des hiesigen pflanzenphysiologischen Instituts und der des Apothekervereins. Herbarexemplare und lebende Pflanzen, die aus dem botanischen Garten herrühren, verdanke ich der Güte des Herrn Prof. v. Kerner.

Schliesslich will ich noch einer mir sehr angenehmen Pflicht gehorchen und meinem hochgeehrten Lehrer, dem Herrn Prof. Wiesner, für die freundliche Unterstützung, die er mir bei Durchführung dieser Arbeit angedeihen liess, meinen besten Dank aussprechen.

EBENACEAE.

Die Ebenaceen liefern ausgezeichnetes Hartholz; es ist auffallend schwer, dicht und hart. Der ausgewachsene Stamm birgt in der Regel intensiv gefärbtes Kernholz, in dessen Mitte sehr spärlich entwickeltes Mark vorhanden ist. Hervorzuheben ist die Anordnung der Gefässe und des Holzparenchyms. Die ersteren äusserst dickwandig, oft auch sehr weitlumig, stehen einzeln oder in kurzen radialen Reihen. Die Parenchymzellen umsäumen stets die Gefässe in Form eines aus einer Zellreihe bestehenden Kranzes, bilden aber ausserdem noch feine, wellenartig verlaufende, oft unterbrochene, tangentiale Ketten, die nur ausnahmsweise aus zwei oder mehreren Zellreihen bestehen, ein

---

[1] Beiträge zur vergl. Anatomie des Holzes, Wien 1876. Aus dem XXXVI. Bande der Denkschriften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften abgedruckt.

[2] Bot. Ztg. 1863.

[3] A Monograf of *Ebenaceae*. Cambridge, 1873.

Vorkommen, das sich dann auch schon makroskopisch geltend macht.

Eine interessante Eigenthümlichkeit, welche die ganze Familie und auch deren Verwandte zu beherrschen scheint, ist das sogenannte conjugirte Holzparenchym; dasselbe ist zwar nicht häufig, aber immer durch Maceration des kleinsten Stückchens nachzuweisen. Sanio[1] hat bekanntlich zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass benachbarte Holzparenchymzellen durch feine röhrenförmige Aussackungen in Verbindung treten. Er fand solche conjugirte Zellen im Holze einer *Avicennia*, *Tectona grandis*, *Portiera hygrometrica* und weniger anderer vor. Die Ebenaceen und fast alle ihre Verwandten besitzen diese anatomische Eigenthümlichkeit. Ich glaube, dass conjugirtes Holzparenchym und conjugirte Markstrahlzellen viel häufiger sind, als selbst Sanio gemein hat und ich vermuthe, dass jene feinen Röhrchen, welche die Zellen verbinden, bis jetzt übersehen worden sind. Die Markstrahlen sind makroskopisch nur mit Mühe wahrzunehmen, da sie wie der mikroskopische Befund lehrt, gewöhnlich eine und nur in der Mitte ihrer Höhe 2—3 Zellen breit sind. Ihre Höhe schwankt zwischen 2—30 Zellen; die letzteren sind des Öfteren mit Kalkoxalatkrystallen versehen und treten mitunter ganz sowie die Parenchymzellen in Conjugation.

Bei der Mehrzahl der Hölzer sind alle Elemente im Kerne erfüllt mit einer gewöhnlich tiefbraunen Masse, welche weder die Lösungsverhältnisse der Harze, noch die Eigenschaften der Gummata zeigt. Man kann jedoch auf dem Wege der Entwicklungsgeschichte nachweisen, dass diese Masse in ihrem Jugendstadium ein Gummi ist und erst später durch einen langsamen Humificationsprocess in nicht mehr quellbare dunkle Körper übergeführt wird.

Halten wir uns an die Sanio'sche Bezeichnung seiner sechs Holzelementarorgane, so kommt den Ebenaceen und ihren nächsten Verwandten die Formel zu:

$$(G+t)+l+hp.$$

---

[1] l. c. p. 94.

Diospyros Ebenus, Retz.[1]

Das Kernholz ist pechschwarz, von ausserordentlich dichtem Gefüge. Es verbindet mit seiner Härte einen so hohen Grad von Sprödigkeit, dass es geradezu unmöglich wird, taugliche Schnitte für die mikroskopische Betrachtung zu erhalten. Ich verfertigte daher Schliffpräparate nach einer Methode, die ebenso einfach als trefflich ist, und zuerst von Wiesner in die Holzanatomie eingeführt wurde. Man schneidet mit der Laubsäge von einem Holzstücke eine feine Lamelle (2—3□ Ctm.) herunter, klebt dieselbe mit Siegellack auf einen Korkpfropf und schleift sie auf einem drehbaren Schleifstein grober Sorte glatt; hierauf wendet man den Schliff um und behandelt auf gleiche Weise die andere noch unebene Seite so lange, bis der Rand durchzuschimmern beginnt. Ist dieses Stadium erreicht, so löst man vorsichtig mit Hilfe eines Skalpells das Präparat ab und bringt es auf einen feinen Handschleifstein, wie man ihn zum Abziehen der Rasirmesser benützt. Hat das Object nun hier durch Schleifen aus freier Hand den höhsten Grad von Dünnheit erlangt, so wird es sorgfältig im Wasser gereinigt und unterm Mikroskop geprüft. Auf diese Weise erhält man Präparate von wahrhaft überraschender Schönheit. Besonders die feineren anatomischen Verhältnisse treten mit einer Klarheit hervor, wie man sie bei Schnitten vergeblich sucht. Die Methode liefert jedoch nicht nur bei Harthölzern und sklerenchymatischen Geweben, sondern auch bei Weichhölzern ganz ausgezeichnete Resultate.

Der frisch angeschnittene Querschnitt zeigt dem unbewaffneten Auge ein sehr einfaches Bild: eine homogene glatte Fläche, auf der bei sehr günstiger Beleuchtung hie und da Poren als feine Pünktchen wahrgenommen werden können. Mit Hilfe der Loupe treten diese noch deutlicher hervor und die Markstrahlen erscheinen, wie schon Wiesner bemerkt, als feine schneeweisse perlschnurartige Linien. Vollständige Klarheit bringt erst der mikroskopische Befund. Die Gefässe stehen einzeln unregelmässig zerstreut oder in kurzen radialen Reihen 2—7 beisammen. Ihre Lumina rund, elliptisch oder tangential gepresst. Grösster

---

[1] Wiesner, l. c. p. 586.

[2] Moeller, l. c. p. 63.

Lumendurchmesser: 0·09 Mm. Die Gefässe sind nicht auffallend dickwandig, da die inneren Schichten der Membran schon zur Bildung der eingelagerten Masse aufgebraucht wurden; ich behalte mir vor, diesen Punkt unten gesondert und ausführlich zu besprechen. Die Scheidewände, gewöhnlich schwach geneigt, seltener spitz zulaufend, werden total resorbirt. Zahlreiche kleine behofte Tüpfel von 0·003 Mm. Breite zieren die Gefässe und Tracheïden besonders an jenen Stellen, wo Markstrahlen vorüberziehen. Die Tracheïden theilen auch sonst die Eigenschaften der Gefässe, sie sind, um es kurz zu sagen, imperforirte Tracheen; sie finden sich selten.

Das radial angeordnete Libriform besitzt rundlichen oft etwas tangential gedrückten Querschnitt und an den Wänden kleine schraubig gestellte Tüpfel, deren Canal sich nach innen conisch erweitert, was der braune Inhalt sehr schön verdeutlicht. Am zugespitzten Ende bemerkt man oft einen wellenförmigen Contour.

Die Parenchymzellen, wegen ihres lichteren Inhalts leicht in die Augen fallend, umkränzen das tracheale System hier wie auch bei allen folgenden in Form einer Binde, die nur aus einer Zellreihe besteht. Überdies erscheint das Holzparenchym in tangentialen, oft unterbrochenen, meist eine Zelle breiten Ketten. Die einzelnen Zellen sind reich porös getüpfelt, sonst aber von gewöhnlicher Form. Nur die, welche Krystalle von oxalsaurem Kalke führen, erscheinen so kurz, dass der Krystall das Lumen beinahe erfüllt. Die Zellen sind manchmal conjugirt.

Die in der Regel einreihigen Markstrahlen sind 4—30 Zellen hoch. Auch ihre Elemente führen die oben genannten Krystalle. Behandelt man mit ClH, so lösen sich die letzteren auf und hinterlassen in der braunen Masse, in welche sie eingebettet waren, einen so scharfen Abdruck, dass man sich erst mit Hilfe des Polarisationsmikroskops von ihrer Auflösung überzeugen kann.

Diospyros virginiana, L.[1]

Fig. 1.

Da mir sowohl Kernholz aus den Tropen als auch Splint aus dem hiesigen botanischen Garten zur Verfügung stand, war

[1] Moeller, l. c. p. 64.

es mir möglich zu beobachten, welchen Einfluss das Klima auf die Ausbildung und Anordnung der Elemente ausüben könne. Während das tropische Kernholz keinerlei Andeutung von Jahresringen erkennen liess und eine gleichmässige Vertheilung des Holzparenchyms zeigte, sieht man bei unseren Bäumen, die dem schroffen Wechsel der warmen und kalten Jahreszeiten ausgesetzt sind, eine scharfe Grenze zwischen Herbst- und Frühlingsholz. Das Parenchym fehlt im letzteren ganz und tritt erst im ersteren in Form tangentialer, wellenförmiger Binden auf. Schon mit freiem Auge kann man ferner bemerken, dass die Gefässe des Frühlingsholzes weitlichtig und deutlich concentrisch angeordnet sind, dass die des Herbstholzes englumig werden und regellos umherliegen. Bei dem tropischen Holze finden wir Gefässe und Parenchym in der für die Ebenaceen charakteristischen Weise vertheilt. Die Markstrahlen werden mit Hilfe der Loupe als feine Streifen sichtbar. Die dickwandigen, sehr quellbaren Gefässe stehen einzeln oder in kurzen radialen Reihen, 2—7 beisammen. Das Lumen ist aber bedeutend grösser als das der vorigen Species. Grösster Lumendurchmesser 0·14 Mm. Auf eine Form von Gefässen, welche bei allen von mir untersuchten Species dieser Familie häufig vorkommt, will ich noch besonders aufmerksam machen; es sind dies Tracheenelemente, welche an ihren beiden Enden conisch verjüngt erscheinen und daselbst seitlich in Form eines grossen runden Loches die Perforation zeigen.

Tracheiden sind spärlich und kommen, wie schon Sanio[1] bemerkt, nur im Herbstholze vor.

Die Libriformfasern zeigen keine radiale Anordnung und besitzen rundlichen oder polygonalen Querschnitt.

Die Höhe der 1—2reihigen Markstrahlen schwankt zwischen 3 — 14 Zellen (0·10 — 0·29 Mm.); die letzteren treten manchmal gerade sowie die Parenchymzellen durch feine Röhrchen in Verbindung; besonders conjugirte Holzparenchymzellen findet man häufig. Fig. 3.

In den parenchymatischen Elementen und denen der Markstrahlen findet man häufig Kalkoxalatkrystalle; im Kerne sind

[1] Sanio, l. c. p. 391.

sie häufig, aber schon seltener im Splint. Das Kernholz unterscheidet sich gar wohl von dem der früheren Art durch die breiteren Parenchymbänder und auffallend rothe Färbung seiner Zellen.

Diospyros melanida, Poir.

Das kohlschwarze, überaus schwere und spröde Kernholz lässt die Querfläche homogen erscheinen; erst dem mit der Loupe bewaffneten Auge erscheinen die Markstrahlen als feine schneeweisse Linien. Auf der Radialfläche erscheinen die letzteren als feine Adern, so dass das Holz wie marmorirt erscheint. Fertigt man einen feinen Querschliff an, so erhält man eines der schönsten mikroskopischen Präparate; Gefässe und Libriform bilden einen dunkeln Grund, auf welchem die Parenchymzellen und Markstrahlen mit ihren blitzenden Krystallen eine helle, netzartige Zeichnung hervorbringen. Der anatomische Bau reiht sich unmittelbar an den von *Diospyros Ebenus* an. Die Gefässe zeigen dieselbe Anordnung, dieselbe Verdickungsweise, dieselben Grössenverhältnisse.

Das Libriform ist nicht streng radial gereiht und seine Elemente zeigen einen runden Querschnitt. Auch hier erweitert sich der Canal der schraubig gestellten Tüpfel nach innen conisch.

Das Holzparenchym ist ziemlich reichlich vertreten und sticht lebhaft aus dem Gewebe hervor wegen des lichtgefärbten Inhalts und der darin eingebetteten Krystalle. Die Parenchymbinden sind einreihig, die Zellen derselben treten manchmal in Conjugation. Die Markstrahlenzellen zeigen dieselben Eigenthümlichkeiten wie die des echten Ebenholzes, nur die Krystalle treten hier häufiger auf, da jede Zelle einen solchen führt. Dieser Umstand und die noch dunklere Färbung des alle Elemente erfüllenden Inhaltskörpers bilden streng genommen die einzigen Unterscheidungsmerkmale zwischen dem Holze von *Diospyros Ebenus* und *D. melanida*.

Diospyros Lotus, L.

Der Untersuchung lag zehnjähriges Splintholz vor. Der Querschnitt zeigt deutlich breite Jahresringe, in welchen man schon

makroskopisch die Gefässporen und zahlreiche dicht gedrängte helle Streifen wahrnimmt: es sind die Markstrahlen.

Die dickwandigen Gefässe kommen isolirt oder in radialen, kurzen Reihen, aber gleichmässig vertheilt über den ganzen Jahresring vor.

Ihr Lumen erscheint rund, elliptisch oder tangential gepresst Die spärlichen Tracheïden zeigen ebenso wie die Tracheen auch hier wieder die schon oft beschriebenen Formen und Eigenthümlichkeiten.

Die Libriformfasern sind nicht radial angeordnet.

Das Holzparenchym umgibt die Gefässe; am Beginne des Jahresringes fehlt es fast ganz, im weiteren Verlaufe erscheint es in Form tangential unterbrochener Zellreihen, welche im Herbstholze am schönsten entwickelt sind. Hauptsächlich durch diesen Umstand wird eine scharfe Grenze zwischen Herbst- und Frühlingsholz und damit eine Andeutung von Jahresringbildung hervorgebracht. Die reich porös getüpfelten Parenchymzellen lassen sich gar nicht selten im macerirten Materiale als conjugirt nachweisen. Länge derselben im Mittel 0·08; die längsten 0·10 Mm.

Die Markstrahlen sind 1 selten 2—3 Zellen breit und im Mittel 0·26 Mm. hoch. Krystalle kommen selten vor.

Diospyros silvatica, Roxb.

Das harte aber verhältnissmässig leichte Splintholz ist gelblich oder bräunlich gefärbt; schon mit freiem Auge sieht man die grossen Gefässporen in der den Ebenaceen eigenthümlichen Weise angeordnet. Man sieht ferner eine schöne wellenartige tangentiale Bänderung, so zwar, dass immer auf ein schmales lichtes Band ein breiteres dunkles folgt. Die Markstrahlen werden erst mit der Loupe bemerkbar.

Die Lumina der Gefässe zeigen Tendenz zur elliptischen Streckung und erreichen im Maximum eine Weite von 0·18 Mm. Die Scheidewände, in der Regel horizontal oder schwach geneigt, sind total resorbirt. Die mit zahlreichen behoften 0·01 Mm. grossen Tüpfeln versehenen Gefässe liegen in den Parenchymbändern, welche gegen das dunklere Libriform lebhaft hervorstechen; das letztere, nicht streng radial angeordnet, hat weites

Lumen und verschiedene Querschnittsform. Während wir bei den bis jetzt beschriebenen Arten die Parenchymketten aus einer, höchstens 2—3 Zellreihen gebildet fanden, sehen wir, dass hier 10, ja noch mehr an der Bildung derselben theilnehmen können. Ein wichtiges Merkmal dieser Species liegt auch darin, dass die Binden nicht unterbrochen sondern stets continuirlich verlaufen. Die weitlichtigen fast 0.03 Mm. breiten Zellen sind mit braunem, körnigem Inhalt erfüllt. Man findet sie ebenso wie die Markstrahlenzellen conjugirt. Die Markstrahlen selbst sind einreihig, nur in der Mitte ihrer Höhe zweireihig; auch sie führen braune grosse Körner.

Der anatomische Bau aller anderen von mir untersuchten *Diospyros*-Arten wurde mit dem der früher geschilderten so übereinstimmend gefunden, dass es überflüssig wäre, dieselben noch näher zu beschreiben. Ich beschränke mich daher bloss darauf sie aufzuzählen und bemerke, dass das Material sicher bestimmten Herbarexemplaren entnommen wurde.

Die Species *Diospyros pilosula*, Wall.
„ *Pöppigiana*, Alph. DC.
„ *montana*, Roxb.
„ *pentamera*, Wolls. u. F. Muell.
„ *Vaccinioides*, Lindl.

besitzen dieselbe Anordnung der Elemente, dieselben anatomischen Details. Von einer Unterscheidung kann hier keine Rede sein. Nur *Diospyros Embryopteris*, Pers. zeigt insoferne eine Abweichung als im Marke Nester von Sclerenchymzellen vorkommen, eine Eigenthümlichkeit, die sich jedoch nicht direct auf den Holzkörper bezieht.

Royenia lucida, L.

Mit freiem Auge ist wenig wahrzunehmen, denn nur die Markstrahlen treten als sehr zarte, fast undeutliche Linien hervor. Unter der Loupe erweisen sich die Gefässporen als kleine Pünktchen, welche die bekannte Vertheilung zeigen. Ihre Lumina elliptisch, oft auch unregelmässig; grösster Lumendurchmesser 0·04 Mm. Sind die Scheidewände nicht horizontal oder schwach geneigt, so erscheinen die Tracheenelemente oben und unten

zugespitzt und seitlich perforirt. Die behoften Tüpfel von 0·003 Mm. Grösse. Die schmalen Tracheiden gleichen den Gefässen.

Die unregelmässig gereihten, bald eng- bald weitlumigen Libriformfasern haben verschiedene Querschnittsform. Ihre Seitenwände tragen kleine, spaltenförmige, schraubig gestellte Tüpfel; die Enden sind manchmal wellig contourirt und gegabelt.

Auch bezüglich des Parenchyms lässt sich nur das sagen, was schon bei der Gattung *Diospyros* so oft hervorgehoben wurde: eine Beziehung zum trachealen System und die Anordnung in tangentialen Binden, welche aus einer Zellreihe bestehen. Die Zellen sind mit runden und breiten Tüpfeln versehen und oft conjugirt.

Die Markstrahlen eine Zelle breit und bis 20 Zellen, 0·45 Mm. hoch: ihre Elemente besitzen quadratische oder axial gestreckte Form, führen ab und zu Kalkoxalatkrystalle und erscheinen gar nicht selten durch feine Röhrchen verbunden. Das Holz des immergrünen Strauches ist gelblich, überaus hart und zähe.

Auch die anderen von mir untersuchten Species: *Royenia glabra*, L. (*Royenia falcata*, E. Mey) und *R. hirsuta*, L. (*R. angustifolia*, Willd.) weisen diesen Bau auf, so dass eine Unterscheidung hier ebenso unmöglich wird, wie bei der vorigen Gattung. Nicht einmal das weitlichtige Libriform von *Royenia* kann als sicheres Trennungsmerkmal der Genera betrachtet werden.

Euclea polyandra, E. Mey.

Fig. 2.

Ich benützte zur Untersuchung einen dreijährigen Zweig. Man sucht vergebens nach einem anatomischen Merkmal, auf Grund dessen man *Royenia* und *Euclea* sondern könnte. Es soll demnach nur hervorgehoben werden, dass die beiden Pflanzen auch bezüglich der Gummibildung und der conjugirten Elemente — des Parenchyms und der Markstrahlenzellen — übereinstimmen.

Dasselbe lässt sich von *Euclea racemosa*, L. sagen.

Maba oborata, R. Br.

Wiewohl nur Herbarexemplare zur Betrachtung herangezogen werden konnten, so liess sich doch feststellen, dass selbst

der feinere anatomische Bau, wie wir ihn bei *Diospyros* oder *Royenia* kennen gelernt, auch hier wiederkehrt.

Wir finden conisch verjüngte Gefässe mit seitlicher Perforation, wir finden das Parenchym in Form von Binden angeordnet und schmale meist eine Zelle breite Markstrahlen. Selbst der braune bei den Ebenaceen so häufig vorkommende Inhaltskörper und die Kalkoxalatkrystalle der Markstrahlzellen treten schon im jungen Holze auf.

Denselben Befund erhielt ich bei der Untersuchung von *Maba buxifolia*, Pers. und *M. inconstans*, Griseb.

Die Ebenaceen sind ein schönes Beispiel dafür, dass ein Gewebesystem in einer Pflanzenfamilie übereinstimmend gebaut ist. Man hat dies auch für andere Familien, so z. B. für die Amygdaleen, Salicineen und Oleaceen [1] wahrscheinlich gemacht, allein die diesbezüglichen Untersuchungen besitzen, weil nicht mit der nöthigen Ausführlichkeit durchgeführt, noch keinen entscheidenden Werth.

Obwohl sich nicht leugnen lässt, dass oft verwandte Pflanzen im Baue ihres Holzkörpers grosse Verschiedenheiten aufweisen, so wird doch zugegeben werden müssen, dass andere gerade im histologischen Baue ihres Holzes ihre Verwandtschaft klar ausdrücken.

Dies habe ich für die Ebenaceen zu zeigen versucht, und die vorliegende Untersuchung dürfte wohl eine feste Stütze der ausgesprochenen Ansicht sein.

Über die Entstehung von Gummi bei den Ebenaceen.

Wir haben bei Betrachtung der anatomischen Verhältnisse kein einziges Merkmal gefunden, welches als Ursache jener auffallenden physikalischen Eigenschaften, wie sie den echten Ebenhölzern zukommen, gelten könnte; diese liegt vielmehr in einem chemischen Processe, dem die Zellwand, besonders deren innere Schichten, unterworfen sind.

---

[1] Vgl. Hartig, bot. Ztg. 1859, p. 108 und Moeller, l. c. p. 33, 109, 50.

Moeller[1] kommt auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Ausspruche: „Es erhält dieses (Ebenholz) demnach seinen hohen technischen Werth weniger durch seine anatomische Zusammensetzung als durch eine chemische Umwandlung seiner Elemente. Da die Membranen der von der harzigen Masse erfüllten Gefässe und Fasern von dieser imprägnirt, aber sonst gut erhalten sind, lässt sich nichts über den Ausgangspunkt und die Bedeutung der Metamorphose sagen."

Mit Beziehung auf die chemische Natur des Inhaltskörpers selbst ist Hartig[2] ganz anderer Meinung; derselbe nimmt bekanntlich, um die Eigenschaften des Kernholzes zu erklären, einen eigenthümlichen Kernstoff an, welcher die Farbe der Kernholzfaser bedingt und bei dem Ebenholze auch die Lumina der Zellen ganz erfüllt. Ich kann gleich im Vorhinein sagen, dass jene bräunliche, oft schwarze Masse weder ein Harz noch Hartig's Kernstoff ist; um über die Entstehung des in den Elementen eingelagerten Körpers und über seine chemische Beschaffenheit Aufschluss zu erhalten, muss man jugendliches und frisches Material der Untersuchung unterziehen. Mir standen nun drei im hiesigen botanischen Garten wachsende Bäumchen zur Verfügung: *Diospyros virginiana*, *Royenia lucida* und *Euclea polyandra:* als Ausgangspunkt unserer Betrachtung wähle ich das Erste. Präparirt man einen Querschnitt aus dem Holze eines etwa siebenjährigen Stammes im Wasser und mustert denselben im Mikroskop, so bemerkt man Folgendes: einzelne Gefässe verhalten sich ganz normal, andere und zwar die Mehrzahl erscheint total erfüllt von einer gewöhnlich homogenen, farblosen oder bräunlichen schleimigen Masse; nicht selten sieht man die Innenwand der Tracheen belegt in Form eines Ringes — Fig. 5 — oder sphärischer Gebilde, welche in das Lumen hineinragen. Diese tropfenartigen Massen, welche einzeln oder gruppenweise beisammen erscheinen, haben grosse Ähnlichkeit mit Thyllen, und man wäre bei oberflächlicher Betrachtung geneigt, sie dafür zu halten. Es ist nun ein Leichtes, sich davon zu überzeugen, dass die Tröpfchen erst durch die Präparation im Wasser entstanden

[1] l. c. p. 63.

[2] Lehrbuch für Förster, I. Theil, Seite 256, 1861.

sind. Bettet man einen Querschnitt in absoluten Alkohol oder, was noch besser ist, betrachtet man ohne Zusatz irgend einer Flüssigkeit, so sind jene thyllenartigen Kügelchen nicht wieder zu finden, sie entstehen vielmehr erst bei Zutritt von Wasser oder einer wässerigen Lösung.

Bei trockener Präparation bemerkt man stets in den Gefässen eine knorpelige glasartig durchscheinende Masse, die entweder der Innenwand ringsherum anliegt oder aber einer verhältnissmässig kleinen Strecke aufsitzt. Dieser Körper quillt, sobald ein Tropfen Wasser hinzufliesst, momentan zu einem weisslichen oder gelblichen Schleim auf, der nun das ganze Gefäss erfüllt, ja oft so voluminös wird, dass der Austritt aus dem Lumen erfolgt. Dabei zeigt sich, dass erst jetzt die genannten sphärischen thyllenähnlichen Gebilde entstehen und dass sie mit Thyllen gar nichts zu thun haben.

Die aufquellende Substanz erweist sich als eine Gummiart; sie ist amorph, stark lichtbrechend, gewöhnlich ohne jedwede Organisation. Die Farbe weiss, oft mit einem Stich ins Gelbliche, selten braun. Der Körper quillt in der beschriebenen Weise auf und ist weder im heissen noch kalten Wasser noch in Alkohol löslich; diese und eine Reihe minder wichtiger Eigenschaften theilt er mit dem Bassorin, welchem er am nächsten verwandt sein dürfte. Jod bringt Gelbfärbung hervor, weder Chlorzinkjod noch Jodlösung + Schwefelsäure bewirken Blaufärbung.

Richtet man nun sein Augenmerk darauf, woher das Material für die Bildung des Gummis geliefert wird, so lässt sich Folgendes feststellen: Die ganze Zellmembran vermag bedeutend aufzuquellen. Die Gummification schreitet centrifugal vorwärts, indem die tertiären und ein Theil der secundären Zellwandschichten sich in Gummi umwandeln; die Schichten lösen sich lamellenartig ab entweder längs der ganzen Innenwand oder auf einer verhältnissmässig kurzen Strecke, quellen mächtig im Wasser auf und erfüllen in der oben geschilderten Weise die Lumina. Dieser chemische Process schreitet bis zu einer bestimmten Grenze so regelmässig fort, dass man später, wenn einmal die Gummificirung sistirt worden, von der Art seiner Entstehung nicht viel merkt. In den meisten Fällen ist jedoch von einer förmlichen Loslösung der Schichten gar nichts zu sehen, da sie im innigen

Contact bleiben. Hiedurch tritt der allmählige Übergang von Holz- zu Gummischichten klar hervor, ein Verhältniss, das ungemein verdeutlicht wird, wenn man auf Holzstoff reagirt. Bei Behandlung mit Phloroglucin und Salzsäure[1] bleiben die innersten Schichten unverändert, auf den mittleren ruht ein Hauch einer schwachen Röthung; je älter die Schichten, desto dunkler die Färbung, bis sie endlich in der primären Membran blutroth wird. Die ungefärbten Theile repräsentiren reines Gummi, die blassrothen Gummi vermengt mit Holzstoff und die intensiv gefärbten mehr oder weniger unveränderte Zellmembran. Die Gummibildung tritt schon in 1—2jährigen Zweigen, hier allerdings noch selten auf, je älter das Holz, desto häufiger stellt sie sich ein.

Wenn man nun Kernholz untersucht, so findet man alle Elemente erfüllt von einer mehr oder weniger dunkel gefärbten Masse, die aber nicht mehr jene Eigenschaften zeigt, die sie noch im Splintholz d. h. in ihrem Jugendstadium besessen hat. In dem Kerne des echten Ebenholzes (*Diospyros Ebenus*), das ebenfalls zuerst Gummi in seinen Elementen führt, sieht man eine tiefschwarze, fast kohlige Substanz.

Da man sich heute allgemein der Ansicht hinneigt, dass das Kernholz einem Humificationsprocesse seine Entstehung verdanke, so lag die Vermuthung nahe, dass das Ebenaceengummi dabei in Humussubstanzen verwandelt werde. Die letzteren mussten sich, wenn die Vermuthung eine richtige ist, auch nachweisen lassen. Um nun darüber Klarheit zu erlangen, machte ich folgenden Versuch: Fein gefeiltes Kernholz von *Diospyros Ebenus* wurde mit einer Auflösung von CO_3Na_2 auf dem Wasserbade so lange behandelt, bis nichts mehr in Lösung gieng. Das filtrirte, fast schwarze Extract schied bei Zusatz von Salzsäure bis zur saueren Reaction reichlich Humussäuren in Form von tiefbraunen Flocken aus. Hierauf wurde das am Filter zurückgebliebene

---

[1] Vgl. Wiesner: „Note über das Verhalten des Phloroglucins und einiger verwandter Körper zur verholzten Zellmembran.“ 77. Band der Sitzungsberichte der k. Akad. der Wissenschaften, I. Abtheilung, Jännerheft, Jahrgang 1878.

und wohl ausgewaschene gefeilte Ebenholz ganz in derselben Weise mit verdünnter Kalilauge behandelt. Auch hier enstand dann in dem dunkeln Filtrat bei Behandlung mit Salzsäure ein brauner flockiger Niederschlag von Humuskohle. Ein quantitativer Versuch ergab, dass im Kernholz 4·63% Humussäuren und 1·30% Humuskohle vorhanden ist. Wenn auch nach Behandlung mit CO_3Na_2 und Kalilauge der grösste Theil der Inhaltskörper ungelöst bleibt, so zeigt doch die Anwesenheit von Humussubstanzen auf das Klarste, dass im Kerne ein langsamer Verwesungsprocess stattfindet, welcher die Holzfaser und die eingelagerte Gummisubstanz verändert.

Diese durch den Humificationsprocess entstandenen Substanzen lösen sich weder in Alkohol noch Äther.

Die stärksten organischen und mineralischen Säuren üben eine sehr schwache Einwirkung aus. Nur in Schulze'scher Mischung vermag man dieselben nach ½ stündigem Kochen in Lösung zu bringen.

Ich muss bemerken, dass ich in meinem Materiale die Entstehung von Gummi in den anderen Elementen nicht verfolgen konnte; ich kann daher nur Vermuthungen mittheilen, die sich mir bei Betrachtung des fertigen Zustandes aufdrängten. Ich glaube nicht zu irren, wenn ich sage, dass die Gummificirung der Libriformfasern gerade so vor sich geht, wie die der Gefässe. Die Libriformfasern sind dickwandig; je mehr Gummi sie im Lumen aufspeichern, um so dünnwandiger werden sie. Im macerirten Materiale nimmt man auch kleine, tropfenartige Gebilde wahr, wie ich sie in den Gefässen beschrieben; es scheinen daher auch bei diesen Elementarorganen die jüngeren inneren Schichten das Material für Gummi zu liefern

Wie im Parenchym und in den Markstrahlen die Gummisubstanz entsteht, konnte ich in meinem Materiale nicht beobachten. Ich kann nur sagen, dass die aufgespeicherte Stärke eine Metamorphose eingeht und einen Körper liefert, der mit dem der anderen Zellen übereinstimmt. Die einzelnen Stärkekörner werden gelb bis braun, von den normalen bis zu den tiefbraunen finden sich alle Übergänge. Die letzteren geben bei Behandlung mit Jodlösung keine Blaufärbung mehr, fliessen zusammen und bilden eine homogene oder körnige Masse, die das Lumen erfüllt.

Gerade so wie bei *Diospyros virginiana* die Entstehung von Gummi geschildert wurde, so wurde sie auch bei *Royenia lucida* und *Euclea polyandra* gefunden; wir treffen hier wieder alle jene Einzelheiten an, die wir oben schon genau besprochen haben; diesem chemischen Processe, den die Zellwände eingehen, und dem anatomischen Baue verdanken die Ebenhölzer ihre auffallenden physikalischen Eigenschaften; die ausserordentliche Festigkeit, das hohe specifische Gewicht, kurz alle jene Eigenthümlichkeiten, welche dem Holze seit langer Zeit einen so hervorragenden technischen Werth verschaffen, finden hauptsächlich ihre Ursache in der chemischen Metamorphose der Zellwand.

Die Entstehung des Ebenaceengummi verglichen mit der des Kirschgummi weist viele Ähnlichkeiten auf; denn auch dort fand A. Wigand,[1] dass die inneren Zellwandschichten der Gefässe das Material für das Gummi liefern, welch letzteres dann die Lumina in Form von Tropfen oder einer zusammenhängenden Masse erfüllt.

Analyse der Ebenholzasche.

Hölzer liefern gewöhnlich nur eine geringe Aschenmenge meist 0·2—2%.[2] Die häufigen krystallinischen Einschlüsse des Ebenholzes liessen jedoch einen viel höheren Aschengehalt vermuthen. Ich habe daher im Laboratorium des Herrn Prof. E. Ludwig, dem ich zu grossem Danke für seine freundlichen Rathschläge verpflichtet bin, eine genaue Analyse der Ebenholzasche *(Diospyros Ebenus)* durchgeführt und theile das Resultat derselben hier mit.

Das bei 100° C. getrocknete Kernholz lieferte 3·92% Asche. Die letztere wurde bei möglichst niederer Temperatur gewonnen und hiernach mit CO_2 hältigem Wasser behandelt.

Die Analyse, welche genau nach Bunsen's Methode unternommen wurde, ergab folgende Resultate:

---

[1] „Über die Desorganisation der Pflanzenzelle, insbesondere über die physiologische Bedeutung von Gummi und Harz." Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, herausgegeben von Pringsheim. Band 3, p. 115.

[2] Wiesner, Rohstoffe, p. 531.

Lösl. Theil.		Unlösl. Theil.	
CO_2	2·70%	CO_2	39·69%
SO_3	0·74	SO_3	0·13
HCl	0·09	P_2O_5	0·14
K_2O	5·86	SiO_2	0·38
Na_2O	0·59	CaO	46·71
	9·98%	MgO	2·86
		Fe_2O_3, Al_2O_3	0·07
			89·98%.

STYRACEAE.

Es ist unter den Systematikern noch immer eine Streitfrage, ob die vorliegende Familie von den Ebenaceen getrennt und als eigene Familie betrachtet werden oder aber, ob sie als solche gestrichen und mit den Ebenaceen vereinigt werden soll. Der histologische Bau des Holzes gibt uns einen deutlichen Fingerzeig dafür, dass die erste Ansicht die richtigere sei; denn obwohl das Styraceenholz sich ganz aus denselben Elementen zusammensetzt, so gebietet doch der Bau und die Anordnung der letzteren eine Trennung der beiden Pflanzenfamilien.

Jene Beziehung zwischen Gefässen und Parenchym, wie wir sie früher kennen gelernt haben, kommt hier nicht zur Geltung; die Perforation der Tracheen ist immer leiterförmig, das Libriform stets mit gehöften Tüpfeln versehen. Häufig und zwar bei der Gattung *Symplocos* treten Tracheïden auf, die sich von den Libriformfasern nur durch ein feines Schraubenband unterscheiden.

Styrax officinalis, L.

Zur Untersuchung diente der zweijährige Trieb eines Herbarexemplares. Die Gefässe, welche einzeln oder in kurzen radialen Reihen stehen, bilden im Frühlingsholze concentrische Ringe. Hier sind sie weitlichtig, im Herbstholze dagegen werden sie schmal und meist durch Tracheïden vertreten. Die Gefässlumina, welche kreisrund, elliptisch oder auch unregelmässig gebaut sind, erreichen im Maximum eine Weite von 0·05 Mm.

Die Seitenwände tragen kleine, behofte, oft in die Breite gezogene Tüpfel. Die Gefässelemente sind in der Regel conisch verjüngt; auf dem zugespitzten Ende nimmt man nun verschieden breite, reihenweise geordnete Spalten wahr, die einen mehr oder minder deutlichen Hof erkennen lassen. Wir haben daher Gefässe mit leiterförmiger Perforation.

Die Tracheïden sind schmal, gleichen aber sonst den Gefässen.

Die Libriformfasern, welche keine entschieden radiale Vertheilung erkennen lassen, besitzen kreisrunde, kleine behofte Tüpfel.

Die Anordnung des Parenchyms ist von den Gefässen ganz unabhängig; es bildet vielfach unterbrochene, einreihige, tangentiale Binden. Die einzelnen Zellen erscheinen manchmal conjugirt.

Die Markstrahlen sind 1—3 Zellen breit und nicht selten 1 Mm. hoch.

Benzoïn officinale, Hayne,

zeigt fast gleichen Bau. Nur die Grösse der Elemente weicht etwas ab.

Simplocos ferruginea, Roxb.

Zur Untersuchung der *Simplocos*-Arten standen mir nur Herbarexemplare zur Verfügung. In dem zweijährigen Zweigstückchen fand ich die Gefässe unregelmässig zerstreut, eine Art tangentialer Gruppen bildend. Maximum der Lumenweite 0·04 Mm. Die Gefässe zeigen sonst ganz denselben Bau, wie ich ihn für die der vorigen Gattung beschrieben; nur sind die Wände hier öfter mit breitgezogenen Tüpfeln versehen, so dass eine Art von Treppengefässen zu Stande kommt. Die Tracheïden sind von zweierlei Art. Die einen ähneln den Gefässen, die anderen dem Libriform, von welch' letzterem sie sich thatsächlich nur durch ein feines Schraubenband unterscheiden.

Vom Parenchym gilt das, was ich schon bei der Gattung *Styrax* erwähnt habe; die einzelnen Zellen fand ich jedoch niemals conjugirt.

Die Markstrahlen 1—4 Zellen breit und 1 Mm. hoch.

Simplocos spicata, Roxb.

Das Holz lässt deutliche Jahresringe erkennen. Die Grundmasse desselben bildet das tracheale System. Auch hier treffen wir wieder jene libriformähnlichen Elemente, die mit einem feinen Schraubenbande versehen sind; sie sind es auch, die gar oft eine radiale Anordnung erkennen lassen; ihre Lumenweite beträgt 0·013 Mm.; ihre Länge bis 1 Mm. Die spärlichen Parenchymzellen erscheinen manchmal durch feine Röhrchen verbunden.

Simplocos uniflora besitzt denselben Bau.

SAPOTACEAE.

Bei den früheren Familien waren die tangentialen Parenchymbinden im Allgemeinen sehr zart, hier jedoch gewinnen dieselben so an Breite, dass auf dem Querschnitt schon makroskopisch eine tangentiale wellenartige Zeichnung zu Stande kommt. Die Gefässe sind einzeln und in radialen Reihen *(Sapota, Chrysophyllum, Achras)* oder in unregelmässigen grösseren Gruppen *(Sideroxylon, Bassia)* angeordnet. Sehr charakteristisch für diese Familie sind die Tüpfel der Gefässe. Ich habe kleine behofte und grosse meist unbehofte bemerkt. Obzwar vielfach behauptet wird, dass dem trachealen Systeme einfache Tüpfel fehlen, so muss ich, da es mir in vielen Fällen (selbst mit Hartnack's Ocular 4 und Immersion 9) nicht gelungen ist, einen Hof wahrzunehmen, solche Tüpfel als unbehofte bezeichnen.

Bezüglich der Perforation verhält sich die Sache wie bei den Ebenaceen.

Die Libriformfasern sind echten Bastfasern sehr ähnlich, zumal ihr Lumen oft auf einen sehr engen Canal beschränkt ist.

Achras Sapota, L.

Fig. 7.

Das bräunliche, sehr harte und dichte Holz zeigt eine leise Andeutung von Jahresringen; mit freiem Auge sieht man auf

dem Querschnitte feine, tangentiale wellenartige Linien, dunkle und helle auf einander folgend. Die helleren, schmäleren entsprechen dem Parenchym, die dunkleren, breiteren dem Libriform; ausserdem bemerkt man senkrecht darauf nämlich radial angeordnet kleine, helle Flecken, die von Gefässen gebildet werden.

Mikroskopischer Befund. Die meist isolirt oder in radialen Reihen stehenden Gefässe zeigen nur selten Tendenz zur Gruppenbildung. Lumina rund, elliptisch und, wo mehrere beisammen, auch tangential gepresst; grösste Lumenweite 0·05 Mm. Die Scheidewände sind schwach geneigt oder spitz zulaufend.

Wie schon oben erwähnt wurde, kommen zweierlei Tüpfel vor: kleinere (0·003 Mm.) gehöfte und grössere meist ungehöfte. An jenen Stellen, wo Markstrahlen die Gefässe berühren, ist letztere Tüpfelform besonders schön vertreten. Die Tracheïden sind den Gefässen ähnlich gebaut, aber schmäler. Die Libriformfasern, welche einen den Bastzellen fast gleichen Bau haben, sind nicht radial angeordnet; ihre runde oder polygonale Querschnittsform lässt das Lumen ungemein klein, beinahe als Punkt erscheinen.

Die Holzparenchymzellen umgeben kranzförmig die Gefässe, jedoch nicht immer; überdies bilden sie tangentiale wellenartige gewöhnlich aus 1—2 Zellreihen bestehende Binden. Es wäre noch zu erwähnen, dass sie braunen Inhalt führen und mitunter in Conjugation treten.

Die 1—2reihigen Markstrahlen sind oft 20 Zellen hoch; sie führen auch zuweilen Krystalle von oxalsaurem Kalk, welche gerade so wie bei den Ebenaceen in eine bräunliche Masse eingebettet sind; die Zellen weisen entsprechend den Gefässen grosse und kleine Tüpfel auf.

Sideroxylon cinereum, Lam.[1]

Fig. 10.

Das wachsgelbe, harte Splintholz zeigt dem blossen Auge auf dem Querschnitte einen wellenartigen tangentialen Verlauf

[1] Moeller, l. c. p. 62.

von hellen (Parenchym) und dunkleren Binden (Libriform); auch kleine unregelmässige Fleckchen nimmt man wahr, die sich mit Hilfe der Loupe als Gefässe erweisen. Ein wichtiger Unterschied gegenüber von *Achras* macht sich geltend, indem die Gefässe nicht mehr die frühere Anordnung zeigen, sondern grössere Gruppen bilden von unbestimmter Form und Richtung. Ihre Lumina sind weit, die grössten 0·07 Mm. Gar häufig sind sie, wie schon Moeller fand, mit Thyllen erfüllt, von denen viele einen wohlgeformten, grossen Kalkoxalatkrystall bergen. Fig. 10. — Scheidewände, Resorption, Tüpfelung und Tracheïden wie bei der vorigen Gattung.

Auch vom Libriform gilt dasselbe.

Das Parenchym bildet bis zu 5 Zellen breite tangentiale Züge, welche in ihrem Verlaufe vom trachealen Systeme ganz unabhängig sind. Die Holzparenchymzellen führen dann und wann Krystalle von oxalsaurem Kalk.

Die 1—3 Zellen breiten Markstrahlen erreichen eine Höhe von 0·4 Mm.; die einzelnen Zellen fand ich manchmal conjugirt.

Bassia longifolia, L.

Soviel aus dem der Untersuchung unterzogenem Herbarexemplare ersichtlich, schliesst sich die Gattung im Holzbaue an *Sideroxylon* an.

Auch hier stehen die Gefässe in unregelmässigen Gruppen, vermischt mit Tracheïden. Der feinere anatomische Bau stimmt mit der vorigen Gattung überein.

Chrysophyllum Cainito, L.

So wie früher bemerkt man auch hier auf dem Querschnitte eine feine, wellenartige Zeichnung von abwechselnd hellen und dunklen Streifen, auf welche senkrecht die hellen und feinen Markstrahlen stossen. Die Gefässe stehen einzeln oder in radialen Reihen.

Mikroskopischer Befund.

Die bis 0·1 Mm. weiten Gefässe tragen kleine gehöfte und grosse oft ungehöfte Tüpfel. Die ersteren erreichen eine Grösse von 0·002 Mm., die letzteren eine von 0·01 Mm.

Das Libriform ist nicht radial vertheilt; am Querschnitte lassen die Fasern eine deutliche Schichtung und ein auffallend kleines Lumen erkennen.

Die Parenchymzellen umsäumen zuweilen die Gefässe und bilden ausserdem tangentiale oft 6 Zellen breite Binden. Ihre Zellen treten manchmal ebenso wie die der Markstrahlen durch feine röhrenförmige Aussackungen in Verbindung.

Die Markstrahlen sind 2—4 Zellen breit und bis 0·8 Mm. hoch.

Sapota Mülleri, Bleck.

Auch hier finden wir wieder alle jene Merkmale, die für die Sapotaceen charakteristisch sind. Ich hätte nur hinzuzufügen, dass die Parenhymbänder 1—3 Zellen breit sind, und dass die Elemente derselben gleich denen der Markstrahlen auch conjugirt vorkommen. Zur Untersuchung diente ein dreijähriger Zweig.

TERNSTROEMIACEAE.

Die untersuchten Gattungen drücken im anatomischen Baue des Holzes ihre Verwandtschaft aus. Die zahlreichen Gefässe deren Lumina schmal und unregelmässig begrenzt erscheinen, stehen einzeln, seltener 2—3 beisammen; sie sind leiterförmig perforirt.

Die Libriformfasern sind ausgezeichnet durch ihre ziemlich grossen, kreisrunden, behoften Tüpfel, welche bei der Gattung *Ternstroemia* sogar die der Tracheen und Tracheïden an Grösse übertreffen.

Das Parenchym, welches ich bei allen Arten mitunter conjugirt vorgefunden habe, steht in keinem Abhängigkeitsverhältnisse zum trachealen Systeme. Es bildet entweder isolirte Faserzüge oder unterbrochene, einreihige tangentiale Binden.

Im Holze der Gattung *Ternstroemia* kommen zweierlei Markstrahlen vor, auffallend breite und zwischen diesen zahlreiche schmale. *Camellia* und *Thea* hat zwar Markstrahlen von gleicher Breite, aber zweierlei Markstrahlzellen, breite axiale und schmale radial gestreckte. Ausserdem finden sich

Zellen von auffallender Grösse und meist runder Form mit einem grossen Krystalle im Lumen.

Ternstroemia meridionalis.

Das bräunliche Holz zeigt keine Jahresringe. Mit blossem Auge bemerkt man nur Markstrahlen als hellgelbe Linien, mit der Loupe aber erkennt man auch die Gefässe als kleine Pünktchen.

Die zahlreichen dünnwandigen sehr englumigen Gefässe stehen meist isolirt; sie sind oben und unten conisch verjüngt, leiterförmig perforirt (Fig. 11) und mit rundlichen oft in die Breite gezogenen Tüpfeln versehen.

Die dickwandigen, nicht radial vertheilten Libriformfasern haben kreisrunde, behofte Tüpfel, über welche ein steiler Spalt läuft; es ist auffallend, dass sie sogar grösser sind (0·006 Mm.) als die des trachealen Systems.

Die Parenchymzellen, welche auch conjugirt vorkommen, erscheinen einzeln oder in tangentialen, unterbrochenen Reihen.

Es wurde schon oben erwähnt, dass zweierlei Markstrahlen vorhanden sind. Die breiteren bestehen in der Mitte ihrer Höhe aus 5—7 Zellreihen, die schmäleren aus 1—2. Höhe der Markstrahlen 1·8 Mm. Die Elemente derselben sind oft conjugirt. Die parenchymatischen Zellen sind mit einer braunen körnigen Masse erfüllt, welche ihre Entstehung den Stärkekörnern verdankt.

Camellia japonica, L.

Fig. 8.

Mit unbewaffnetem Auge bemerkt man auf dem Querschnitte ringförmige lichte Zonen, die aber nicht den Jahresringen entsprechen, denn sie laufen nicht in sich selbst zurück, sondern besitzen gewöhnlich halbmondförmige Gestalt.

An diesen Stellen sind die Elemente des Libriforms und Parenchyms auffallend dünnwandig, resp. weitlichtig. Diese Zonen scheinen jedoch nur im Holze solcher Pflanzen vorzukommen, welche im Gewächshause gezogen werden. Die Gefässe erkennt man selbst mit der Loupe nicht.

Mikroskopischer Befund.

Die dünnwandigen Gefässe, deren Lumina auffallend schmal sind und im Maximum eine Weite von 0·02 Mm. erreichen, liegen einzeln zerstreut umher. Diese geringe Lumenbreite macht ihre Erkennung am Querschnitte oft schwer. Sonst fand ich dieselben Eigenschaften an den Tracheen wie bei *Ternstroemia.*

Die Markstrahlen sind 1—2 Zellen breit und 0·5 Mm. hoch. Auf einige Reihen axial gestreckter Zellen folgen gewöhnlich radial gestreckte. Manchmal findet man sehr grosse runde Markstrahlzellen, deren Lumen ein Kalkoxalatkrystall erfüllt.

Camellia hat hübsch conjugirte Parenchym- und Markstrahlzellen.

Camellia Kissi, Wall.

und *C. Sassanqua.* Thunbg zeigen alle jene geschilderten Verhältnisse, wie wir sie bei der vorigen Species gefunden haben.

Thea chinensis, Sims.

Die an einem Herbarexemplare durchgeführte Untersuchung ergab, dass der Bau des Holzes mit dem von *Camellia* übereinstimmt. Dasselbe Resultat lieferte auch die Untersuchung von *Eurya clandestina.*

ANONACEAE.

Die untersuchten Arten zeigen einen verwandten Bau. Alle besitzen auf dem Querschnitte eine schöne Felderung, welche hervorgerufen wird durch continuirliche tangentiale Parenchymbinden und darauf senkrechte Markstrahlen. Die Gefässe stehen entweder isolirt oder in kurzen radialen Reihen.

Anona manirote, Kth.

Fig. 9.

Die feinen, hellen Markstrahlen und die Gefässe werden schon mit freiem Auge wahrgenommen. Erst mit Hilfe der Loupe erblickt man zarte tangentiale Binden, welche die Markstrahlen schneiden.

Mikroskopischer Befund.

Die isolirt stehenden oder in einer kurzen radialen Reihe (meist 2) geordneten Gefässe erreichen im Maximum eine Weite von 0·05 Mm. Sie haben runde oder elliptische Tüpfel von 0·006 Mm. Grösse und Scheidewände, welche gewöhnlich horizontal liegen und total resorbirt werden.

Den Tracheen ist oft eine bräunliche Masse eingelagert.

Die Libriformfasern erscheinen am Beginne des Jahresringes so weitlumig (0·026 Mm.), dass man auf den ersten Blick glaubt, man habe es mit parenchymatischen Elementen zu thun; auch auf Längsschnitten sind sie Ersatzfasern sehr ähnlich; im Herbstholze jedoch werden sie dickwandiger, beziehungsweise englumiger. Ihre Wände tragen sehr kleine, spaltenförmige Tüpfel.

Das Parenchym umsäumt die Gefässe und bildet ausserdem einreihige, tangentiale Züge, welche vereint mit den Markstrahlen eine sehr hübsche Zeichnung hervorrufen.

Die 3—5 Zellen breiten Markstrahlen erreichen eine Höhe von 1 Mm. (Maximum).

Anona reticulata, L.

Das leichte Holz zeigt am Querschnitte deutliche Markstrahlen und Poren. Bezüglich der Tracheen und des Libriforms herrschen dieselben Verhältnisse, wie bei der vorigen Art; hier jedoch tritt das weitlichtige Libriform in den Vordergrund, ein Umstand, der das geringe specifische Gewicht des Holzes erklärt. Die Parenchymbinden sind hier 1, seltener 2—3 Zellen breit. Das Holzparenchym ist besonders im Herbstholze tangential gepresst.

Anona laevigata, Martius.

Das spröde Holz weist schon makroskopisch eine auffallende und sehr interessante Erscheinung auf. Neben den zarten Markstrahlen bemerkt man nämlich zahlreiche, schneeweisse, scharf begrenzte kreisrunde Punkte, die mit einer weissen Masse erfüllt sind. Untersucht man nun die Sache mikroskopisch, so lässt sich Folgendes feststellen. Einige der Tracheen bergen auf kleinere oder grössere Strecken hin im Innern eine bräunliche Masse andere — und das ist der bei weitem grösste Theil — führen in

ihrem Lumen einen schneeweissen krystallinischen Körper. Der Letztere erfüllt auf grosse Strecken als ein Continuum die Gefässelemente und wird, sobald das Messer eingreift, in hunderte von Splittern zersprengt. Dass er ursprünglich thatsächlich ein zusammenhängendes Ganzes bildet, kann dadurch leicht ersichtlich gemacht werden, dass man gröbere Schnitte verascht und dann mikroskopisch betrachtet. Man sieht dann cylinderförmige, lange, weisse Gebilde, welche die Form der Gefässe noch deutlich zeigen. Bei feineren Präparaten findet man den Inhaltskörper immer zerborsten und in unregelmässigen Stücken herumliegen; es gelingt jedoch, obwohl nur mit Mühe, auf feinen Querschliffen zu zeigen, dass jene krystallinische Masse concentrisch geschichtet ist. Fig. 6. Auch auf Längsschliffen — Fig. 4 — gewahrt man eine entsprechende Zeichnung, die ich in Form dunkler Linien anzudeuten versuchte. Der Inhaltskörper leuchtet unter dem Polarisationsmikroskope bei gekreuzten Nikols mit lebhaftem Farbenspiel auf. Er löst sich in Salzsäure oder Essigsäure unter lebhafter Gasblasenentwicklung total. Schwefelsäure bringt ihn unter gleichzeitiger Bildung von Gypsnadeln ebenfalls in Lösung, ein Vorgang, der im Mikroskop sehr leicht verfolgt werden kann. Wir haben hier ein neues und sehr interessantes Vorkommen von CO_3Ca vor uns, das im ganzen Pflanzenreiche nach den bisherigen Untersuchungen vereinzelt dasteht. In anderen Elementen suchte ich den kohlensauren Kalk vergebens.

Die Libriformfasern, im Frühlingsholze weitlichtig, im Herbstholze dickwandig und englichtig, sind nicht radial gereiht. Die Fasern haben sehr kleine spaltenförmige Tüpfel.

Das Parenchym bildet einreihige, tangentiale Binden und umsäumt nebstbei die Gefässe.

Bezüglich der Markstrahlen, deren Zellen ab und zu conjugirt vorkommen, gilt das, was ich schon bei den vorher beschriebenen *Anona*-Arten gesagt habe.

Xylopia frutescens. A. DC.

Moeller's[1] Beschreibung von *X. aethiopica*, A. Rich. stimmt mit meinem Befunde überein. Die Markstrahlen und die Gefässporen

[1] l. c. p. 70.

sind schon dem freien Auge bemerkbar. Die dickwandigen Gefässe besitzen quer elliptische, behöfte Tüpfel, die Tracheïden sind schmal und zugespitzt.

Die Parenchymzellen, welche auch hier die gleiche Anordnung zeigen und 1—2reihige, sehr regelmässige Züge bilden, erscheinen tangential gepresst und reich porös getüpfelt. Sie sind gerade so wie die Markstrahlzellen, selten conjugirt.

OLACINEAE.

Olax scandens, Roxb.

Schon makroskopisch nimmt man die Markstrahlen als helle Linien und die Gefässe als feine Pünktchen wahr. Die Gefässe, deren Scheidewände schwach geneigt sind und total resorbirt werden, stehen meist isolirt. Ihre Wände tragen kleine, gehöfte Tüpfel; die letzteren werden jedoch manchmal ziemlich gross und zeigen dann einen kleinen oder gar keinen Hof.

Die reich getüpfelten Tracheïden sind lang und schmal.

Die Libriformfasern lassen keine radiale Anordnung erkennen, haben rundlichen Querschnitt und kreisrunde, behöfte Tüpfel.

Zwischen den unterbrochenen, einreihigen tangentialen Parenchymbinden und dem trachealen Systeme besteht bezüglich der Anordnung keine Abhängigkeit.

Man findet zwar die Gefässe von Holzparenchymzellen umkränzt, aber doch mehr zufällig. Zuweilen treten die Holzparenchymzellen in Conjugation. Wenn sie Kalkoxalatkrystalle führen, so bleiben sie kurz; der Krystall erfüllt in diesem Falle das Lumen vollständig.

Die Markstrahlen werden 2—3 Zellen breit und 30—40 Zellen hoch; auch hier fand ich manchmal die Elemente derselben conjugirt.

Ergebnisse.

Die Resultate der vorhergehenden Untersuchung lassen sich kurz in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Alle in den Bereich der Betrachtung gezogenen Ebenaceenhölzer zeigen einen übereinstimmenden histologischen Bau — ein Beweis, dass die Verwandtschaft, welche in der Blüthe so klar zum Ausdrucke kommt, sich auch im anatomischen Baue des Holzes wiederspiegeln kann. Wenn das untersuchte Material der verwandten Familien einen Schluss erlaubt, so lässt sich auch für sie Ähnliches aussprechen; denn die untersuchten Gattungen jeder Familie für sich bekunden im Baue des Holzes ihre Zusammengehörigkeit.

2. Sämmtliche Elemente der echten Ebenhölzer werden im Kerne total von gewöhnlich dunkelgefärbten Inhaltskörpern erfüllt. Wie die Entwicklungsgeschichte lehrt, führen die Elemente jedoch zu einer Zeit, wo sie noch jungen Splint bilden, Gummi, welches im trachealen Systeme den inneren Zellwandschichten seine Enstehung verdankt. Erst später wird, wenn bei der Bildung des Kernholzes sich ein langsamer Verwesungsprocess geltend macht, das Gummi in humusartige Körper umgewandelt.

Die Inhaltskörper des Ebenholzes sind demnach das Humificationsproduct jenes Gummi, welches die Elemente des jungen Splints erfüllt.

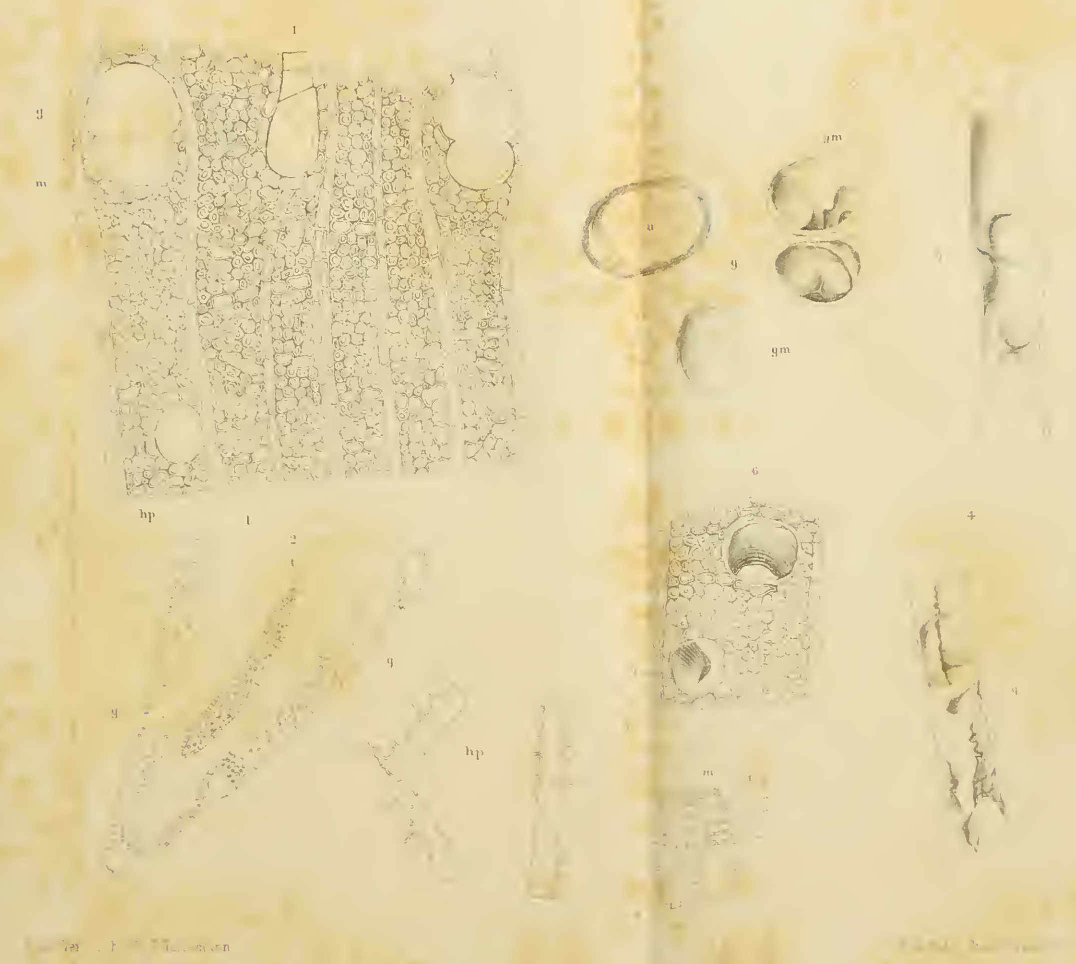
Der geschilderte chemische Process in Verbindung mit der anatomischen Structur ist der Grund jener auffallenden physikalischen Eigenschaften, welche den Ebenhölzern eigenthümlich sind.

3. Das Ebenholz (*Diospyros Ebenus*, Retz) weist einen sehr erheblichen mineralischen Gehalt auf: 3·9%; die quantitative Analyse ergibt, dass CO_3Ca bei 90% ausmacht.

4. Die Gefässe von *Anona laevigata* werden auf weite Strecken total mit CO_3Ca erfüllt; derselbe ist krystallinisch und zeigt zuweilen am Querschnitt eine concentrische Schichtung.

In den Gefässen von *Sideroxylon cinereum*, Lam. findet man viele, dichtgedrängte Thyllen. Fast jede birgt im Innern einen grossen Krystall von oxalsaurem Kalk.

5. Bei allen Ebenaceen und fast bei allen Hölzern ihrer Verwandten wurde conjugirtes Parenchym und conjugirte Markstrahlzellen gefunden. Dass diese Holzelemente durch feine Röhrchen in Communication treten, galt bis jetzt als eine Seltenheit und Ausnahme (Sanio). Wenngleich sich meine diesbezüglichen


1
g
m
hp
2
gm
gm
g
6
4
hp
m



Gez. v. Verf. lith. v. Dr. J. Heitzmann

Untersuchungen nur auf die Ebenaceen und ihre Verwandten stützen, so glaube ich doch vermuthen zu dürfen, dass conjugirte Holzparenchymzellen im Stamme der Dikotylen häufig vorkommen, vielleicht allgemein verbreitet sind, und dass die Verbindungsröhrchen fast stets übersehen wurden.

Erklärung der Tafeln.

g = Gefäss.	*m* = Markstrahl.
t = Tracheïde.	*tl* = Thylle.
hp = Holzparenchym.	*k* = Krystall.
l = Libriform.	*gm* = Gummi.

Tafel I.

Vergrösserung 250.

Fig. 1. *Diospyros virginiana*, L. Querschnitt.

„ 2. *Euclea polyandra.* Isolirte Gefässe und eine Tracheïde.

„ 3. *Diospyros virginiana*, L. Isolirte Parenchymzellen, welche conjugirt waren. Rechts 4 Markstrahlzellen, von denen die 2 oberen durch Röhrchen verbunden sind.

„ 4. *Anona laevigata.* Martius Isolirtes Gefäss gefüllt mit Trümmern von CO_3Ca.

„ 5. *Diospyros Virginiana*, L. Gefässe im Gummificationsstadium; im Gefässe *a* löst sich die innerste schon in Gummi verwandelte Zellschicht ab. Die anderen rechts zeigen Gummitropfen.

„ 6. *Anona laevigata*, Martius Querschnitt. Die beiden Gefässe sind mit CO_3Ca erfüllt; die Kalkmasse des oberen Gefässes zeigt eine deutliche concentrische Schichtung.

Tafel II.

Vergrösserung 200.

„ 7. *Achras Sapota*, L. Querschnitt.

„ 8. *Camellia japonica*, L. „

„ 9. *Anona Manirote*, Kth. „

„ 10. *Sideroxylon cinereum*, Lam. Ein Gefäss, erfüllt mit Thyllen; die meisten Thyllen führen grosse Krystalle.

„ 11. *Ternstroemia meridionalis*, isolirtes Gefäss.